

# Avaliação do Emprego de Misturas Asfálticas a Frio em Serviços de Manutenção de Pavimentos

Autores:

Luiz Augusto Borges de Moraes\*

Litercílio Queiroz Barreto Júnior\*

Luciano Pinheiro Damasceno e Santos\*\*

Gustavo de Carvalho Alves\*\*

Orientadora: Sandra Oda\*\*\*

## RESUMO

*Este trabalho faz parte de estudo que está sendo desenvolvido para a aplicação de misturas asfálticas a frio em serviços de tapa-buracos. A maioria das empresas não executa o serviço de “tapa-buracos” da forma adequada, o que acaba ficando evidente com a primeira chuva. Na tentativa de melhorar a qualidade das misturas e aumentar a vida útil dos serviços será avaliada uma mistura produzida a frio (pré-misturado a frio, PMF) com uma emulsão asfáltica que não requer o aquecimento do material e da mistura para ser aplicado. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a produção de mistura do tipo PMF com emulsão asfáltica a frio.*

## 1 - INTRODUÇÃO

O pavimento, se comparado com outras estruturas usuais da engenharia civil, tem vida curta. Geralmente deveria ser construído para suportar as cargas de tráfego ao longo de 10, 20 ou no máximo 50 anos. Por esse motivo a compreensão dos processos de deterioração e destruição do pavimento é de vital importância. Do ponto de vista funcional, o pavimento tem a tarefa de suportar o tráfego em condições de velocidade, segurança, conforto e economia. Essa função está intimamente relacionada com o estado da superfície de rolamento (SÓRIA, 1997).

---

\* Bolsistas do Programa de Iniciação Científica (PIBIC-UNIFACS/FAPESB)

\*\* Estudantes do 5º Ano do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIFACS

\*\*\* Doutora em Infra-Estrutura de Transportes - Bolsista POS-DOC da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB)

No entanto, o que se vê nos pavimentos da cidade de Salvador torna evidente a necessidade de serviços emergenciais. O estado atual mostra o resultado da qualidade dos serviços que já foram executados e da carência de um programa “permanente” na execução dos serviços de manutenção e de reabilitação de pavimentos. Embora a Prefeitura Municipal de Salvador afirme ter gastos dispendiosos com mistura asfáltica na execução dos serviços (recapeamento e, particularmente, tapa-buracos), infelizmente, é visível para a população que os serviços nem sempre são executados de forma correta, o que resulta na baixa durabilidade destes.

A relevância do assunto é evidente, principalmente se forem considerados os freqüentes debates e críticas pela imprensa e pela sociedade em geral, que mostram o descontentamento e o desconhecimento técnico no assunto. A importância do assunto está clara quando se observa a quantidade de buracos espalhados por todas as vias e, conseqüentemente, nos riscos de acidentes e os prejuízos com os veículos que aumentam bastante, gerando uma desordem cada vez maior no trânsito da cidade.

Atualmente, a maioria dos serviços de manutenção e reabilitação de pavimentos é feita com a utilização do concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ). Por ser uma mistura “nobre”, devido à sua composição (agregados e ligante asfáltico) e por serem preparados com as mais exigentes especificações, o CBUQ possui um custo de usinagem mais elevado (cerca de R\$141,61 por m<sup>3</sup>). Além disso, a qualidade do serviço executado com CBUQ depende da temperatura da mistura, o que muitas vezes não é controlada, proporcionando um serviço de baixa qualidade. Em função da falta de controle, os recursos disponíveis acabam sendo aplicados de forma inadequada e não chegam a atender a maior parte dos pavimentos com defeitos.

Como solução, pode ser empregada uma mistura a frio (pré-misturado a frio, PMF), que não necessita de aquecimento, pois é produzido e aplicado à temperatura ambiente, o que significa que este não é o fator mais importante no controle tecnológico da aplicação. Quando bem dosado e com um rigoroso controle tecnológico, desde a aquisição dos materiais que constituirão a mistura até a sua aplicação, o PMF representa

uma excelente alternativa de baixo custo (R\$53,68 por m<sup>3</sup>), pois ele ainda apresenta a viabilidade de ser estocado por vários dias antes de sua aplicação.

O objetivo deste trabalho é analisar o emprego de misturas asfálticas produzidas a frio em serviços de manutenção de pavimentos (operação tapa-buracos).

## **2 – PAVIMENTOS**

Pavimento é uma estrutura construída sobre o terreno natural (subleito) a partir da execução dos serviços de terraplenagem, cuja a função principal é fornecer ao usuário segurança e conforto, fornecendo, sob o ponto de vista da engenharia, a máxima qualidade e o mínimo custo (SANTANA, 1993). Além disso, o pavimento deve resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego, distribuindo-os às camadas inferiores e resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento (SENÇO, 1997). A superfície de rolamento também deve proporcionar segurança aos usuários e contribuir para redução do índice de acidentes, crítico em condições de pista molhada, quando há a diminuição da aderência (atrito) e da visibilidade (reflexão da luz e *spray* de água).

Na Bahia, assim como em grande parte dos estados brasileiros, a maioria dos pavimentos (95%) é composta por revestimento do tipo concreto asfáltico usinado a quente, o CAUQ, mais conhecido como concreto betuminoso usinado a quente, CBUQ. O CBUQ apresenta aspectos que faz com que seja a mistura mais empregada: textura mais lisa e aparência de menor índice de vazios. No entanto, justamente devido a esses aspectos, quando o pavimento está molhado pode ocorrer o acúmulo de água da chuva na sua superfície, reduzindo o contato entre pneu e pavimento, o que poderá causar a aquaplanagem. Além disso, o acúmulo de água faz com que os problemas apareçam mais rapidamente, sendo que os principais defeitos que surgem nos pavimentos

asfálticos são as trincas por fadiga (causadas pelas solicitações repetidas do tráfego) e a deformações permanentes nas trilhas de rodas (FERNANDES JR *et al.*, 1999),

Aliado a esse fato e em função do aumento do volume de tráfego e, principalmente, da evolução tecnológica que permite que caminhões trafeguem com maiores cargas por eixo, a deformação permanente, as trincas e, conseqüentemente, os buracos acabam sendo inevitáveis. Para evitar problemas deve ser dada atenção especial nas características dos materiais durante o projeto de dosagem das misturas asfálticas.

Geralmente, o revestimento de pavimentos flexíveis é composto por uma mistura de agregados e ligante asfáltico, denominada de mistura asfáltica. A mistura asfáltica pode ser produzida a quente ou a frio, em função do tipo de ligante asfáltico empregado e da temperatura de mistura. Os mais empregados são o concreto betuminoso usinado a quente, CBUQ, e o pré-misturado a frio, PMF. A escolha do tipo mais conveniente é, além de um problema técnico em que vários fatores devem ser avaliados, um problema econômico em que as disponibilidades locais devem ser cuidadosamente estudadas (COSTA, 2004).

O CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente) é uma mistura densa executada em usina apropriada, constituída de agregados minerais graduados (de grão a fino), material de enchimento (fíler) e cimento asfáltico, espalhada e comprimida a quente.

O pré-misturado a frio, PMF, é o produto resultante da mistura, em equipamento apropriado, de agregados minerais e emulsão asfáltica ou asfalto diluído, que deve ser espalhado e comprimido a frio (temperatura ambiente). O PMF pode ser utilizado como camada de regularização, como base ou como revestimento, além de serviços de conservação (PETROBRAS DISTRIBUIDORA, 1996).

### **3 – PRÉ-MISTURADO A FRIO - PMF**

O PMF foi desenvolvido nos Estados Unidos na década de 50 com uma granulometria mais aberta para ser aplicado em camadas de base e em revestimento. No Brasil, o PMF começou a ser produzido em escala industrial em 1966, para aplicação em camadas de regularização, de base e revestimentos. Durante a década de 70, o PMF foi largamente utilizado em camada de regularização e base nas principais rodovias do país e em menor escala como revestimento. O emprego do PMF de graduação mais densa em revestimentos delgados, sem nenhuma capa selante só foi aplicado na década de 80, sendo que, na cidade de Salvador, até hoje esse tipo de mistura não é muito utilizado (SANTANA, 1993).

O PMF é uma mistura de agregados minerais com emulsão asfáltica de ruptura média ou lenta (RM ou RL). É de fácil produção, sendo utilizado por várias prefeituras de cidades brasileiras na pavimentação de ruas e em serviços rotineiros de conserva e tapa-buracos. É estocável, tem elevada capacidade de suporte e é menos agressivo ao meio ambiente por não necessitar de aquecimento (PORTAL BR, 2006). Deve ser preparado em usina apropriada (móvel ou fixa), com agregados graúdos (acompanhado ou não de agregado miúdo e de fíler) e ligante asfáltico em estado líquido (geralmente emulsão asfáltica catiônica). A espessura da camada de um PMF pode variar de 3 a 20 cm, dependendo do tipo de serviço e da granulometria final da mistura (PETROBRAS DISTRIBUIDORA, 1996).

### **4 – MATERIAIS**

Os materiais empregados na produção das misturas asfálticas a frio são: agregados e emulsão asfáltica (RR-1C) , podendo conter ainda material de preenchimento (fíler mineral), aditivos etc. Os agregados podem ser: pedras britadas, escórias, pedregulhos, cascalhos, areias e materiais de enchimento. O agregado deve possuir características granulométricas, de resistência mecânica e de aderência ao

ligante betuminoso adequadas, sendo que a classificação do PMF é feita de acordo com a granulometria (PETROBRAS DISTRIBUIDORA, 1996).

Os agregados são de fundamental importância na composição das misturas asfálticas, já que eles representam cerca de 77% do volume e 94% do peso de uma mistura (SANTANA, 1993). Devido a essa importância, eles devem passar por um rigoroso controle de qualidade realizando os ensaios de desgaste Los Angeles, ensaio de durabilidade e ensaio de índice de forma, (DNER, 1980). Além disso, devem ser feitos ensaios de granulometria do agregado de cada silo, ensaio de equivalente de areia e ensaio para o material de enchimento (fíler) (BAPTISTA, 1981).

Sendo assim, a seleção dos agregados foi realizada em função de suas propriedades, principalmente em função da resistência ao desgaste por Abrasão Los Angeles, uma vez que para misturas a especificação DNIT ME 035/94 exige que seja inferior a 40%. As outras propriedades são: o índice de forma deve ser superior a 0,5 (DNIT-ME 086/97); a durabilidade deve apresentar perda inferior a 12% (DNIT-ME 89); a granulometria dos agregados (DNIT-ME 083/97), deve obedecer as faixas especificadas na Tabela 1; a adesividade deve ser superior a 90% (DNIT-ME 059/97).

**Tabela 1:** Faixas granulométricas para PMFs (DNIT ES317/97).

PENEIRAS		% Mínima Passando				
Pol.	mm	A	B	C	D	Tolerâncias da Faixa de Projeto
1"	25,4	100	-	100	-	± 7%
3/4"	19,1	75-100	100	95-100	100	± 7%
1/2"	12,7	-	75-100	-	95-100	± 7%
3/8"	9,5	30-60	35-70	40-70	45-80	± 7%
Nº 4	4,8	10-35	15-40	20-40	25-45	± 5%
Nº 10	2,0	5-20	10-24	10-25	14-30	± 5%
Nº 200	0,075	0-5	0-5	0-8	0-8	± 2%
Betume Solúvel no CS <sub>2</sub> %		4-6	4-6	4-6	4-6	± 2%

Os agregados (brita 5/8” e brita 3/8”) e o pó de pedra foram obtidos da Pedreira Valéria. O fíler (material de enchimento que passa na peneira #200) utilizado foi o pó calcário. A Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização dos agregados.

**Tabela 2:** Caracterização dos agregados

Ensaio	Resultados	Especificação	Método
Equivalente areia (%)	72	min 55%	DNIT ME 054/97
Desgaste por Abrasão Los Angeles (%)	20	máx 30%	DNIT ME 035/94
Densidade real dos grãos (g/cm <sup>3</sup> )	2,757	-	DNIT ME 043/95
Densidade aparente dos grãos (g/cm <sup>3</sup> )	2,737	-	DNIT ME 043/95
Densidade efetiva (g/cm <sup>3</sup> )	2,747	-	ASTM D2041

O material asfáltico utilizado é a emulsão asfáltica, RM-1C, fornecido pela Petrobras Distribuidora. O teor de emulsão asfáltica utilizado foi de 8%, uma vez que o teor do resíduo era de 62%.

## 5 – AVALIAÇÃO DAS MISTURAS ASFÁLTICAS

A dosagem das misturas asfálticas (a quente e a frio) foi feita empregando-se o método Marshall modificado DNIT-ME 107/97 para as misturas a frio, para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência, segundo os valores seguintes:

Porcentagem de vazios	5 a 30
Estabilidade, mínima	250 kgf (75 golpes) 150 kgf (50 golpes)
Fluência, mm.	2,0-4,5

Foi adotado um PMF referente à Faixa A do DNIT por apresentar características granulométricas mais próximas da mistura descontínua.

## **6 – RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Os primeiros corpos-de-prova (CPs) que foram confeccionados com um teor de ligante igual a 8% apresentaram uma resistência abaixo do esperado, por isso foi feita uma nova análise da mistura, aumentando o teor de ligante até 10%. Com isso, novos CPs foram moldados, e pode-se verificar que ocorreu um acréscimo de resistência. No entanto, com a nova dosagem ocorreu problema do excesso de ligante, o que provocou o escorrimento do ligante dos CPs.

Por esse motivo, a metodologia de preparo da mistura foi modificada, o agregado graúdo passou a ser misturado com a emulsão sem o material fino. Somente após essa mistura era adicionado o material fino. Essa mudança foi realizada porque ao realizar a mistura de todos os agregados de uma vez, a emulsão ficava grudada no material fino formando uma pasta, que não se misturava com o agregado graúdo.

Com a mudança da forma de misturas dos agregados com a emulsão, pode-se verificar que a quantidade de emulsão determinada anteriormente (8%) era a adequada. Dessa forma, os CPs moldados apresentaram melhores resultados em comparação aos CPs que foram confeccionados com todos os agregados juntos. Foram executados ensaios de densidade dos agregados, que apresentaram resultados de acordo com o esperado.

Esse método de produção de misturas asfálticas para serviços de tapa-buracos tem-se mostrado como uma boa alternativa e com potencial para expandir. No entanto, novos ensaios devem ser executados e analisados.



## **7 - CONCLUSÕES**

O PMF apresenta ainda diversas vantagens com relação às misturas a quente que devem ser levadas em conta. As emulsões utilizadas no PMF são à base de água, não poluem e os agentes emulsificantes não oferecem risco à saúde e são considerados seguros para o meio ambiente. Como a emulsão é líquida e à temperatura ambiente, dispensa o aquecimento e a secagem prévia dos agregados, economizando energia, além de não haver a necessidade da secagem do local onde será aplicada a mistura. As misturas asfálticas a frio podem ser feitas em locais de difícil acesso, reduzindo os custos de transporte, já que podem ser produzidas facilmente no próprio local da aplicação e são aplicadas de forma rápida.

## **8 - NOTAS**

O desenvolvimento deste trabalho só foi possível porque conta com o apoio da Petrobras Distribuidora, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), dos bolsistas Rigner Reis de Castro, João Paulo Ribeiro de Vasconcelos e Roseana Borges Mota e do técnico do Laboratório de Pavimentação da UNIFACS, Eliton Pereira Leal.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BAPTISTA, C. N.** Pavimentação. Tomos I, II e II. Editora Globo, Porto Alegre, RS, 1976.
- COSTA, S. B.** Misturas Betuminosas para Pavimentação. Notas de Aulas. Curso de Especialização em Pavimentação. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA: 2004.

**DNER** - Departamento Nacional de Estrada de Rodagem. Manual de Pavimentação.  
Rio de Janeiro, RJ, 1981.

**FERNANDES, JR., J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F.** *Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação de Pavimentos Asfálticos*. Apostila. EESC/USP - São Carlos, SP, 1999.

**PETROBRAS DISTRIBUIDORA**. Manual de Serviços de Pavimentação. Petrobras Distribuidora S.A., Rio de Janeiro, RJ, 1996.

**PORTAL BR**. Principais Produtos. Portal BR. Disponível em <<http://www.br.com.br>>  
Acesso em 04/04/2005, 2005.

**SANTANA, H.** Manual de Pré-Misturados a Frio. IBP/ Comissão de Asfalto. Rio de Janeiro, RJ, 1993.

**SENÇO, W.** Manual de Técnicas de Pavimentação. Editora Pini Ltda. Volume 1. São Paulo, SP: 1997.

**SÓRIA, M. H. A.** Projeto de Pavimentos. Notas de Aulas – Projeto de Pavimentos. EESC/USP, São Carlos, SP, 1997.